Aus der Abteilung für Nuklearmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. U. Feine
des Medizinischen Strahleninstituts
der Universität Tübingen

DIE KLINISCHE BEDEUTUNG DER SCHILDDRÜSENFUNKTIONSSZINTIGRAPHIE MIT TECHNETIUM 99 M

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Genoveva Maria Kollmeder
aus
Landshut

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548919_0071

Aus der Abteilung für Nuklearmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. U. Feine
des Medizinischen Strahleninstituts
der Universität Tübingen

DIE KLINISCHE BEDEUTUNG DER SCHILDDRÜSENFUNKTIONSSZINTIGRAPHIE MIT TECHNETIUM 99 M

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Genoveva Maria Kollmeder
aus
Landshut

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. G. Rassner

Berichterstatter: Professor Dr. K. Anger

(Professor Dr. U. Feine)

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS:

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Methodik und Patientengut	5
	1.) Geräte	5
	2.) Substanzen	5
	3.) Durchführung	5
	4.) Auswertung	6
	5.) Patientengut	8
III.	Untersuchungsergebnisse	9
IV.	Diskussion	21
V.	Zusammenfassung	26
VI.	Literaturverzeichnis	27

I. EINLEITUNG

Bei der Diagnostik von Schilddrüsenerkrankungen hat sich die Schilddrüsenszintigraphie, 1951 von Cassen (9) erstmals erprobt, als ein unerläßliches Hilfsmittel erwiesen. Sie erteilt Auskunft über Form, Größe und Lage der Schilddrüse und soll zudem Hinweise auf krankhaftes Schilddrüsengewebe geben.
Zur Durchführung der Schilddrüsenszintigraphie wurde bisher der Scanner mit beweglichem Detektor bevorzugt, da er einige für die Praxis sehr wichtige Eigenschaften aufzuweisen hat (8):

a) Abbildungsmaßstab 1:1
b) gute Lokalisierbarkeit des Tastbefundes
c) ausreichend genaue Auflösung

Dennoch beginnt sich auf diesem Gebiet die Gammakamera mehr und mehr durchzusetzen, obwohl sie durch ein verkleinertes Bild und durch die schlechtere Lokalisierbarkeit des Tastbefundes beträchtliche Nachteile gegenüber dem Scanner aufweist (16).
Jedoch machen die erheblich verbesserte Auflösung mit dem Pinholekollimator, die bessere Bildqualität (16) und vor allem die Möglichkeit der Kombination mit einem Computer und einer zeitlichen Funktionsdarstellung durch die Kamera diese Nachteile wieder wett.

Wurde in den Anfängen der Schilddrüsenszintigraphie fast ausschließlich ^{131}Jod als radioaktiver Indikator verwendet, so ist man in den letzten Jahren allmählich dazu übergegangen, dieses durch das Molybdänderivat Technetium-99m-Pertechnetat zu ersetzen, das 1956 von Baumann et al. erstmals verwendet wurde (7). 1964 machte Harper et al. die ersten Erfahrungen mit der Verwendbarkeit dieses Nuklids bei der Schilddrüsenszintigraphie (12), die in der Folgezeit u.a. von Andros et al. 1965 (1), Henning et al. 1966 (14), Kuba et al. 1967 (17), Quinn J.L., III. et al. 1967 (20),

Cheguillaume et al. 1968 (11), Atkins et al. 1968 (4), Umek et al. 1968 (23) erweitert wurden.
Strauss et al. 1970 (22) und Ashkar et al. 1971 (3) benutzten dann das Technetiumpertechnetat bei der Funktionsszintigraphie der Schilddrüse.

Für den Vorzug von Technetium-99m-Pertechnetat, das von den Thyreozyten der Schilddrüse ähnlich dem Jod, jedoch in niedrigerer Konzentration angereichert wird, dabei aber nicht in die Hormonsynthese eingeht (17), ergeben sich verschiedene Gründe (19):

a) die innerhalb eines Tages mögliche vollständige Schilddrüsendiagnostik (im Gegensatz zum 2 - 3 Tage dauernden Radiojod-Zweiphasentest),
b) die kurze physikalische Halbwertszeit des Technetiums von 6 Stunden (Halbwertszeit von ^{131}Jod: 8 Tage),
c) die infolge fehlender Betastrahlung geringere Strahlenbelastung der Schilddrüse von durchschnittlich 0,3 rad, das ist ca. 1/5oo der Belastung durch ^{131}Jod, obwohl dem Patienten mit ca. 1mCi eine zehnmal so hohe Radioaktivitätsmenge wie mit ^{131}Jod (1μCi) verabreicht wird.

   Aus letzterem ergibt sich

d) ein detailreicheres, schärferes Bild der Schilddrüse.

Zudem ist von einer mit ^{131}Jod gesättigten Schilddrüse kein verwertbares Szintigramm zu erhalten, während dies mit Technetium durchaus noch möglich ist (19).

Trotz seiner Nachteile wie verhältnismäßig geringe Aufnahme durch die Schilddrüse und hohe Hintergrundaktivität (5) hat sich Technetium als das bisher geeignetste Nuklid in der Schilddrüsendiagnostik erwiesen.

Das zu diesem Zweck wohl beste Nuklid ^{123}Jod (6), erstmals 1966 von Myers vorgeschlagen, ist wegen noch zu hoher Herstellungsschwierigkeiten und starker Verunreinigungen bisher wenig verbreitet. ^{123}Jod hat die günstige physi-

kalische Halbwertszeit von 13,3 Stunden und verursacht eine nur sehr geringe Strahlenbelastung der Schilddrüse (6).

Technetium-99m-Pertechnetat ist auch das Radionuklid der Wahl bei der Schilddrüsenszintigraphie mit dem Gammakamerasystem.
Das Wesentliche an der Gammakamera ist zum einen die Erfassung der Schilddrüse als Ganzes, zum anderen die Aufzeichnung der Technetiumaufnahme durch die Schilddrüse in ihrer zeitlichen Abfolge. Man spricht von dynamischer Funktionsszintigraphie.

1953 beschrieb H.O.Anger das Gammakamerasystem mit feststehendem Detektor (2). Seither wurde dieses System immer häufiger angewandt und weiterentwickelt. Heck und Gottschalk 1970 (13) und F.S.Ashkar et al. 1971 (3) benutzten die Angerkamera zur dynamischen Funktionsszintigraphie am sitzenden Patienten.
Durch einen zugeschalteten Computer zur sofortigen Datenverarbeitung machten 1972 Hurley et al. einen weiteren Schritt in der Entwicklung des Gammakamerasystems am liegenden Patienten (15). Gleichzeitig führten sie Hintergrundkorrekturen durch. 1973 wurde vom gleichen Team die Anwendung und Auswertung für die Routineuntersuchung beschrieben (18).
Blum und Goldmann nahmen 1975 auch seitliche Kameraszintigramme der Schilddrüse auf (8).
Wilson et al. verbesserten ebenfalls 1975 die Diagnosemöglichkeiten durch das Einführen der Regions of interest (24). Im selben Jahr gelang Sokole et al. eine weitere Verbesserung der Hintergrundkorrektur, wobei gleichzeitig festgestellt wurde, daß die Hintergrundaktivität bei verschiedenen Schildrüsenerkrankungsformen praktisch keine Unterschiede aufweist (21).
Cauwe et al. führten 1976 ebenfalls die Gammakamera - Szintigraphie mit dem Computer durch, verabreichten dabei aber den Patienten nur 1mCi anstatt wie bisher 5mCi (1o).

Seit 1971 ist auch in Tübingen eine Gammakamera mit Auswertesystem vorhanden, an der die Messungen zur vorliegenden Arbeit vorgenommen wurden.
Das Ziel war, die Bedeutung der Schilddrüsenfunktionsszintigraphie mit Technetium-99m-Pertechnetat für die routinemäßige Diagnostik zu untersuchen.

II. METHODIK UND PATIENTENGUT

1) Geräte

Die Untersuchungen wurden durchgeführt an einer Szintillationskamera Dynakamera II von Picker, gekoppelt mit einem Rechner vom Typ PDP 11/2o (DEC), der über das konventionelle Auswertesystem gamma11 betrieben wird.
Für die Schilddrüse wurde ein spezielles Auswerteprogramm in der Programmsprache FOCAL aufgestellt.
Detektor:
13,5", Gesichtsfelddurchmesser 3o cm, Kristalldicke 1,3 cm, Bialkali - Photomultiplier 19,o
Mindestabschirmung nach allen Seiten: 5 cm.
Kollimator:
Niederenergie - Parallellochkollimator mit hoher Auflösung;
7 5oo Bohrungen.
Auflösung:
(Eigenauflösung) 4,8 mm für 364 keV.

2) Substanz

Als radioaktiver Indikator diente Technetium-99m-Pertechnetat. Das Technetium stammte aus Molybdän-Technetium-Generatoren verschiedener Firmen.

3) Durchführung

Die Patienten lagen während der Aufzeichnungen auf dem Rücken, den Hals möglichst gestreckt, um die Schilddrüsenbewegung zu reduzieren und gleichzeitig eine Überlagerung der Schilddrüse durch Sternum bzw. Schlüsselbein zu verhindern. Die Patienten wurden angewiesen, während der Dauer der Szintigraphie nicht zu schlucken, und der Kollimator bis zu einem Abstand von etwa 7cm an die Schilddrüse abgesenkt.

Bei den vorliegenden Untersuchungen handelt es sich um dynamische Funktionsszintigramme, d.h. Sequenzszintigramme mit Computereinsatz.
Ab der 1. Minute nach i.v.Injektion von 1mCi Technetium-Pertechnetat in die rechte Armvene wurden 30 Aufnahmen von je 60 Sekunden Dauer auf Magnetplatte abgespeichert. Anschließend wurde von jedem Patienten noch ein Scanner-Farbszintigramm angefertigt.

4) Auswertung

Die Reduktion des Hintergrundes war durch das Programm vorgegeben.
Für die Auswertung wurden im Schilddrüsenbereich folgende "Regions of interest" (ROIs) gesetzt:
a) Hintergrund (linke Seite, da rechts injiziert wurde)
b) Normales Schilddrüsengewebe
c) Bereiche verminderter oder vermehrter Aktivität, deren Auswahl nach Vergleich mit Tastbefund und Scanner-Farbszintigramm getroffen wurde.
Über diese ROIs wurden vom Computer Funktionskurven ausgedruckt, die Hintergrundkurven subtrahiert und das Ergebnis dargestellt.
Folgende Funktionsparameter wurden dazu für jede ROI geliefert:

% der verabreichten Dosis nach 1 Minute
% der verabreichten Dosis nach 10 Minuten
% der verabreichten Dosis im Maximum der Kurve
Zeitpunkt der maximalen Aufnahme
Quotient 10/2 min
Quotient Maximum/2 min
% der maximalen Aufnahme nach 30 Minuten
Steigung von der 2. bis zur 5. Minute (in Impulsen/min^2)

Schließlich wurden noch die entsprechenden Angaben für die Gesamtheit aller ROIs ausgedruckt (Totale).

UNIVERSITAET TUEBINGEN
MEDIZINISCHES STRAHLENINSTITUT
NUKLEARMEDIZINISCHE ABTEILUNG
AERZTL.DIREKT.:PROF.DR.U.FEINE

DYNAMISCHES SCHILDDRUESEN SZINTIGRAMM
****

AUSWERTUNG VOM 05-MAR-78

DIENER,LUISE, C1/ /78, SCHILDDRUESE, D, 3/3/78

DOSIS IN MCI (ZB 0.3):1

REGION ******	B ***	C ***	T ***
% VERABR. DOSIS 1 MIN:	0.33	0.35	0.67
% VERABR. DOSIS 10 MIN:	0.63	0.73	1.36
% VERABR. DOSIS IM MAX.:	0.65	0.77	1.43
MAXIMUM BEI (MIN.):	12.00	15.00	0.00
QUOTIENT 10/2 MIN.	1.94	2.12	0.00
QUOTIENT MAX/2:	2.01	2.23	0.00
% DES MAX. BEI 30 MIN:	90.49	90.22	0.00
STEIGUNG 2-5 MIN.:	710	884	797

STEIGUNG IN IMP/MIN:2
ROIPROESSEN AUF 50 CELLS NORMIERT
STEIGUNG TOTAL=DURCHSCHNITTL. STEIGUNG 50 CELLS

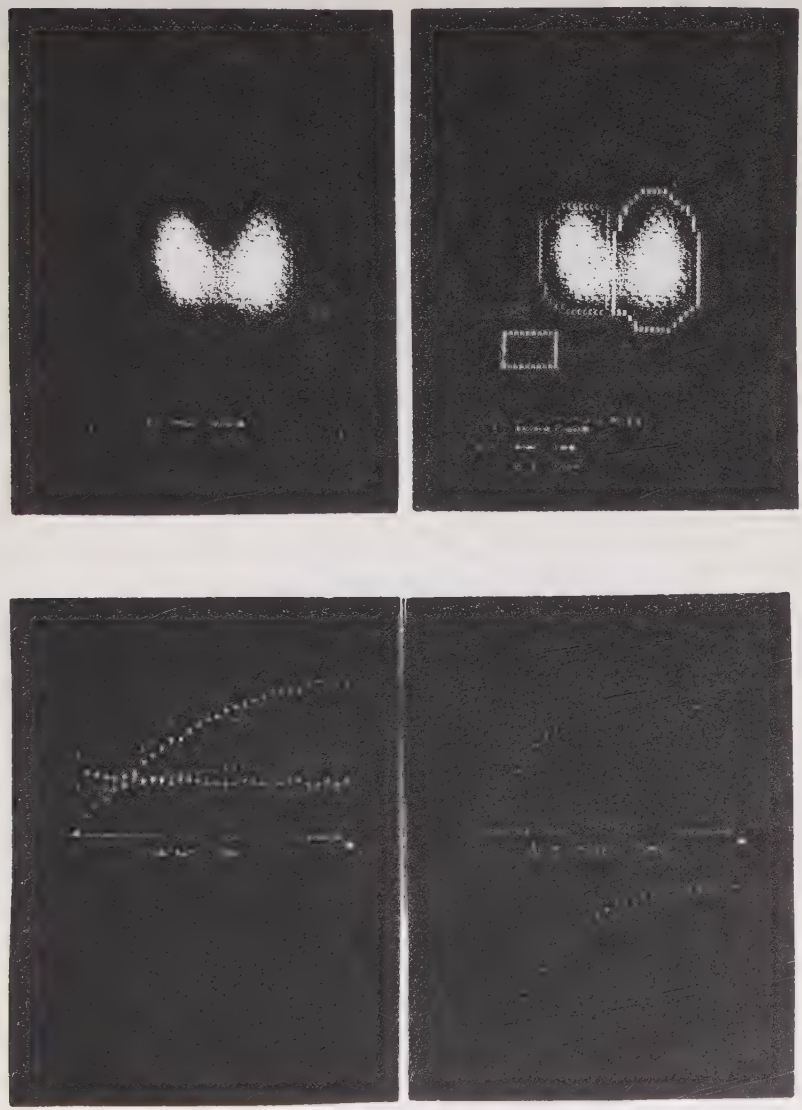
5) Patientengut

Untersucht wurden 48 willkürlich ausgewählte Patienten beiderlei Geschlechts, darunter

6 mit dekompensierten autonomen Adenomen
12 mit Strumae nodosae /Warme Knoten
17 mit Strumae nodosae /Kalte Knoten
4 mit Hyperthyreose
9 normale Schilddrüsen bzw. diffuse Strumen

III. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Abb. I, a-d: Normales Schilddrüsengewebe / Diffuse Strumen



Normales Schilddrüsengewebe / Diffuse Strumen:

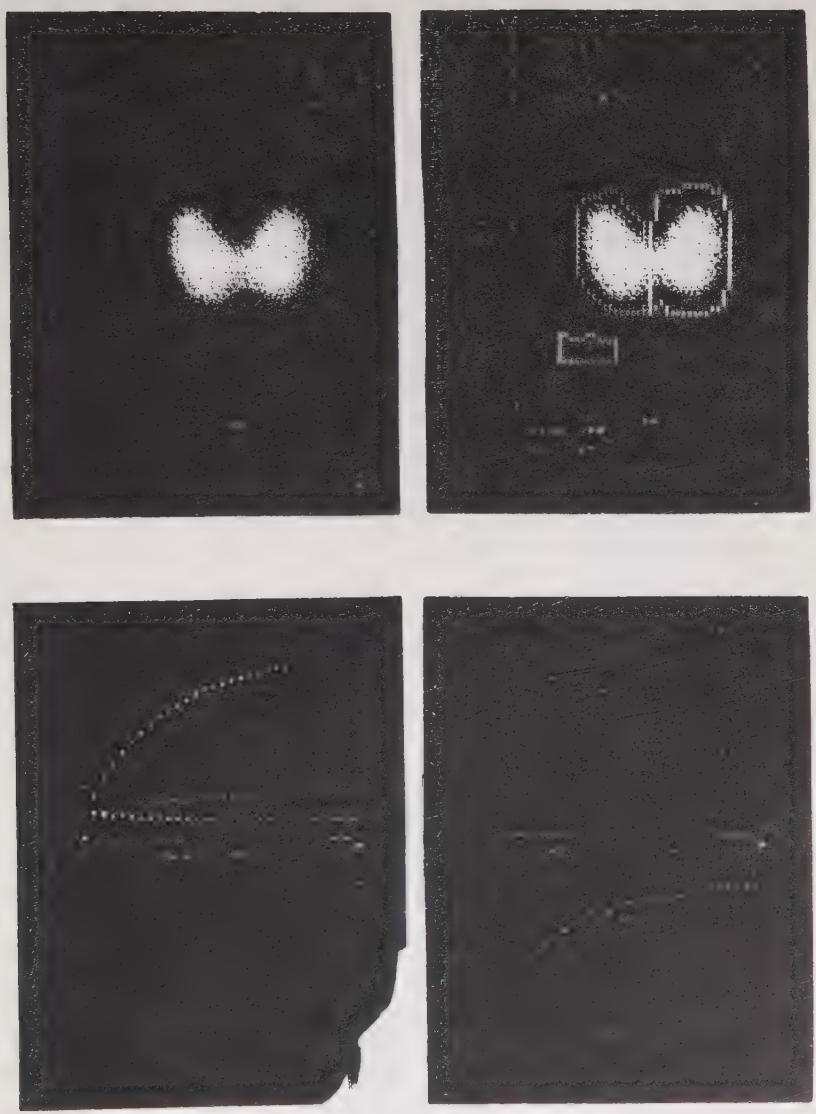
1)	% der verabreichten Dosis nach 1 min	0,4 ± 0,2
2)	% " " " " 10 min	0,93 ± 0,4
3)	% " " " im Maximum	1,05 ± 0,5
4)	Maximum bei	20 min ± 10
5)	Quotient 10/2 min	2,45 ± 1,5
6)	% des Maximums nach 30 min	92,5 ± 7
7)	Steigung 2.-5. min (Imp./min^2)	650 ± 400

Eine normale Schilddrüse hat nach einer Minute etwa 0,4% der verabreichten Dosis aufgenommen, nach 10 Minuten ca 0,93%. Von der 2. bis 5. Minute findet sich eine Steigung von 650 Impulsen/min^2. Die Aufnahmekurve steigt kontinuierlich an und erreicht ihr Maximum mit einer Technetiumaufnahme von rund 1,05% der verabreichten Dosis nach durchschnittlich 20 Minuten. Von diesem Zeitpunkt an behält die Kurve ihr Niveau weitgehend bei.
In vielen Fällen stieg die Kurve bis zur 30. Minute ständig an.

Seite 9:

Abb. I stellt ein typisches Funktionsszintigramm bei diffuser Struma dar. Im Szintigramm ist die Speicherung gleichmäßig.
Die Funktionskurve stieg bis 30 min p.i. fast konstant an als Zeichen der erheblichen Technetiumavidität.
Mittelwert und Standardabweichungen sind in Tabelle I., S.19 angegeben.

Abb. II, a-d: Hyperthyreosen



Hyperthyreosen:

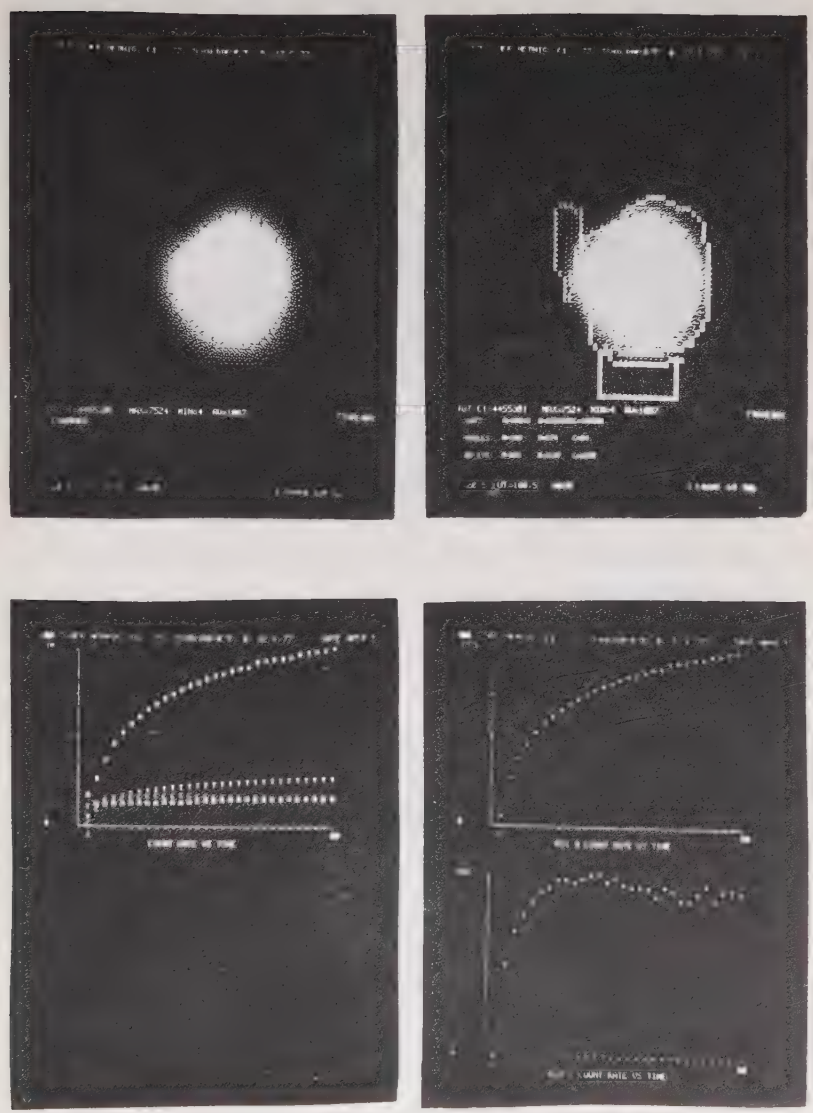
1) % der verabreichten Dosis nach 1 min	0,7 ± 0,09
2) % " " " " 10 min	1,85 ± 0,06
3) % " " " im Maximum	2,22 ± 0,4
4) Maximum bei	25 min ± 5
5) Quotient 10/2 min	2,7 ± 0,4
6) % des Maximums nach 30 min	93 ± 7
7) Steigung 2.-5. min (Imp./min^2)	1351 ± 70

Bei Patienten mit diffusen Hyperthyreosen wurde eine vergleichsweise hohe Technetiumaufnahme sowohl bis zur ersten (o,7% der verabreichten Dosis) als auch im folgenden bis zur zehnten Minute (1,85%) festgestellt und somit eine starke Initialsteigung von durchschnittlich 1351 Imp./min^2 erreicht. Die Aufnahmekurve steigt im Mittel bis zur 25. Minute an und hält den Wert dann, auch ein kontinuierlicher Anstieg bis zur 30. Minute wurde gefunden.
Die maximale Technetiumaufnahme beträgt 2,22% der verabreichten Dosis.

Seite 11:

Abb. II zeigt das Szintigramm einer hyperthyreoten Schilddrüse. Auch hier wird eine gleichmäßige Speicherung sowie ein kontinuierlicher Anstieg der Funktionskurve vorgefunden, wobei allerdings die Werte deutlich über denen der diffusen Strumen liegen.
(Mittelwert und Standardabweichung siehe Tab.I, S.19!)

Abb. III, a-d: Dekompensierte autonome Adenome



Dekompensierte autonome Adenome:

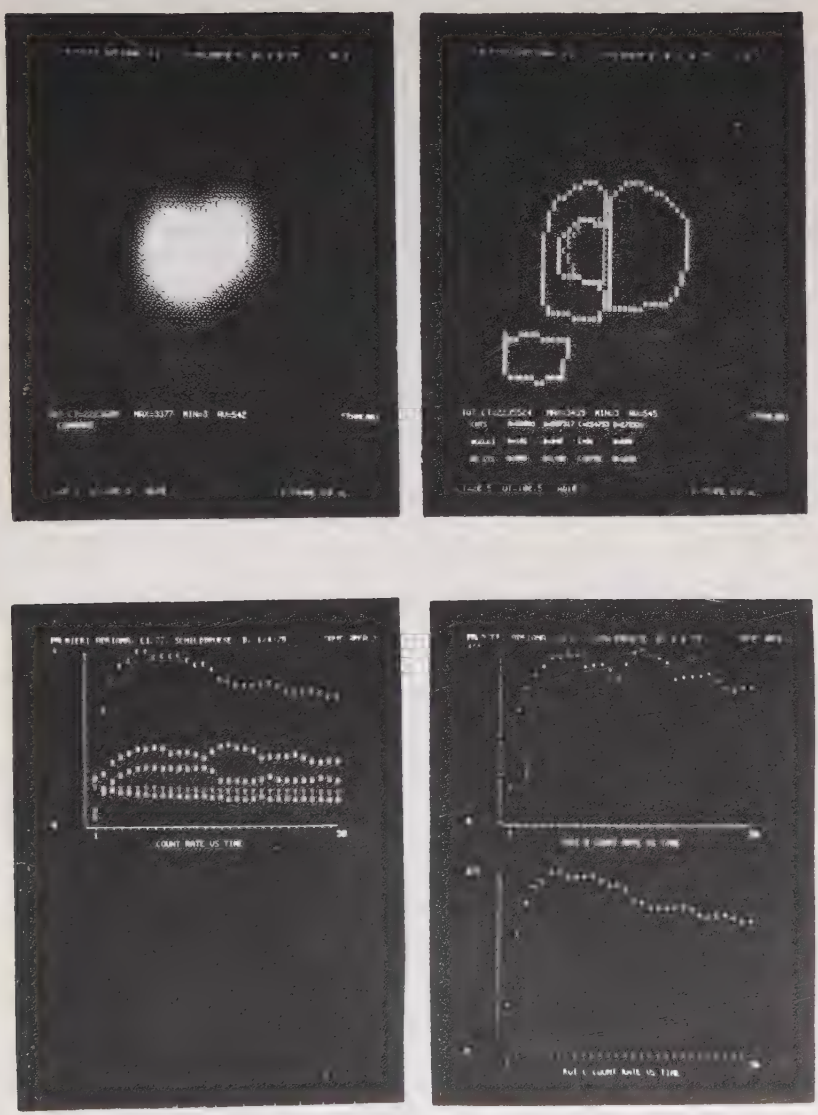
1) % der verabreichten Dosis nach 1 min	0,69	± 0,25
2) % " " " " 10 min	1,54	± 0,5
3) % " " " im Maximum	1,6	± 0,4
4) Maximum bei	22 min	± 8
5) Quotient 10/2 min	2,22	± 0,6
6) % des Maximums nach 30 min	93,43	± 9
7) Steigung 2.-5. min (Imp./min^2)	1863	± 500

Dekompensierte autonome Adenome nehmen schon innerhalb der ersten Minute mit durchschnittlich 0,69% der verabreichten Dosis eine große Menge Technetium auf und steigern die Speicherung auch in den folgenden Minuten stark; nach zehn Minuten sind 1,54% der verabreichten Dosis aufgenommen. Daraus resultiert ein hoher Steigungswert innerhalb der ersten fünf Minuten von 1863 Impulsen/min^2.
Die maximale Technetiumaufnahme von 1,6% der verabreichten Dosis ist sehr spät (22.-30. min), die Kurve fällt gegen Ende der Untersuchungszeit nicht oder nur ganz geringfügig ab.

Seite 13:

In Abb. III bietet sich das charakteristische Bild des dekompensierten autonomen Adenoms, lediglich ein umschriebener Bereich der Schilddrüse speichert Technetium, darüberhinaus ist kein weiteres Schilddrüsengewebe dargestellt.
Die Funktionskurve steigt rasch und kontinuierlich an, die Technetiumaufnahme ist also erheblich.
(Mittelwert und Standardabweichung siehe Tab. I, S.19!)

Abb. IV, a-d: Knotenstrumen / Warme Knoten



Warme Knoten:

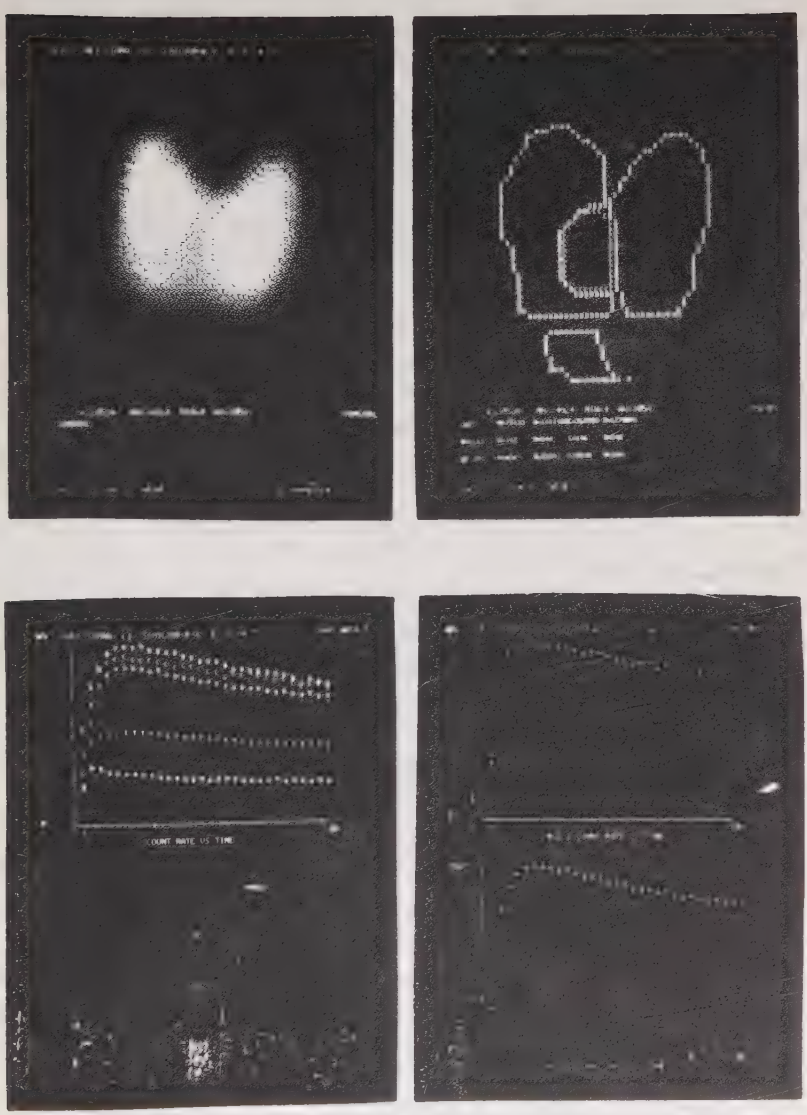
1) % der verabreichten Dosis nach 1 min	0,43	±	0,35
2) % " " " " 10 min	0,93	±	0,7
3) % " " " im Maximum	1,07	±	0,8
4) Maximum bei	19 min	±	11
5) Quotient 10/2 min	2,32	±	1
6) % des Maximums nach 30 min	93,0	±	10
7) Steigung 2.-5. min (Imp./min^2)	1182	±	500

Warme Knoten zeigen eine starke Technetiumspeicherung, die sich in hohen Aufnahmewerten wie 0,43% der verabreichten Dosis nach der ersten und 0,93% nach der zehnten Minute und steilem Kurvenanstieg in den ersten fünf Minuten ausdrückt.
1,07% der verabreichten Dosis beträgt die Aufnahme im Maximum, das im Schnitt früher liegt als in den vorher besprochenen Fällen.
Nach Erreichen des Maximums fällt die Kurve meist leicht ab.

Seite 15:

Abb. IV zeigt das Bild einer Knotenstruma mit Warmem Knoten im rechten Lobus.
Im Bereich des Warmen Knotens ist die Speicherung wesentlich höher als im übrigen Schilddrüsengewebe. Die anfangs schnell ansteigende Funktionskurve fällt gegen Ende der Aufnahmezeit wieder flach ab.
(Mittelwert und Standardabweichung siehe Tab. I, S.19!)

Abb. V, a-d: Knotenstrumen / Kalte Knoten



Kalte Knoten:

1) % der verabreichten Dosis nach 1 min	0,23	±	0,21
2) % " " " " 10 min	0,44	±	0,38
3) % " " " im Maximum	0,52	±	0,4
4) Maximum bei	20 min	±	10
5) Quotient 10/2 min	2,14	±	0,9
6) % des Maximums nach 30 min	87,57	±	13
7) Steigung 2.-5. min (Imp./min^2)	470	±	300

Die Technetiumaufnahme Kalter Knoten ist gering; sie beträgt nach einer Minute 0,23% der verabreichten Dosis, nach zehn Minuten 0,44%. Der Anstieg der Kurve ist vergleichsweise schwach mit 470 Imp./min^2.
Die Maximalaufnahme von 0,52% der Gesamtdosis liegt weit unter den Werten der o.g. Fälle, ihr Zeitpunkt liegt etwa bei der 20. Minute, anschließend fällt die Kurve in der Regel kontinuierlich flach ab.

Seite 17:

Abb. V stellt das Funktionsszintigramm einer Knotenstruma mit kaltem Knoten an der Mitellinie dar. Im Szintigramm ist die Speicherung im Bereich des Kalten Knotens sehr gering. Die Funktionskurve hat ein frühes Maximum und fällt dann flach ab.
(Mittelwert und Standardabweichung siehe Tab.I, S.19!)

Tabelle I

	% verabreichte Dosis			%d.Maximums	Steigung	Maximum	10/2
	nach 1min	nach 10min	im Maximum	nach 30min	2.-5.min	bei	
Normwerte	0,4 ±0,2	0,93 ±0,4	1,05 ±0,5	92,5 ±7	650 ±400	20min ±10	2,45 ±1,5
Hyperthyreosen	0,7 ±0,09	1,85 ±0,06	2,22 ±0,4	93 ±7	1351 ±70	25min ±5	2,7 ±0,4
Dek.aut.Adenome	0,69 ±0,25	1,54 ±0,5	1,6 ±0,4	93,43 ±9	1863 ±500	22min ±8	2,22 ±0,6
Warme Knoten	0,43 ±0,35	0,93 ±0,7	1,07 ±0,8	93,03 ±10	1182 ±500	19min ±11	2,32 ±1
Kalte Knoten	0,23 ±0,21	0,44 ±0,38	0,52 ±0,4	87,57 ±13	470 ±300	20min ±10	2,14 ±0,9

Tabelle II (Totale)

	% der verabreichten Dosis			Steigung
	nach 1 min	nach 10 min	im Maximum	2.-5.min
Dek.aut.Adenome	0,89 ±0,6	1,97 ±1	3 ±0,5	1094,5 ±500
Warme Knoten	0,9 ±0,65	1,75 ±1,3	2,2 ±1,8	763,8 ±500
Kalte Knoten	0,92 ±0,7	1,86 ±1,4	2,13 ±1,8	688,9 ±300

IV. DISKUSSION

Das in den letzten Jahren in der Schilddrüsendiagnostik am häufigsten verwendete Technetium-99m-Pertechnetat und die immer weiter entwickelte Funktionsszintigraphie der Schilddrüse mit dem Gammakamerasystem ermöglicht heute eine in kurzer Zeit durchführbare Diagnosestellung unter geringer Strahlenbelastung der Schilddrüse.

Die Frage war nun, inwieweit diese Möglichkeit der Schilddrüsendiagnostik aufschlußreiche Ergebnisse für die Routineuntersuchung liefert.
Bei der vorliegenden Arbeit wurde die von verschiedenen Autoren in Betracht gezogene Möglichkeit verfälschter Ergebnisse durch zu starke Hintergrundaktivität (7,8,9) weitgehend verringert, indem durch das Programm von vorne herein eine Subtraktion der Hintergrundaktivität vorgenommen wurde.

Einige der durch den Computer berechneten Parameter sind offenbar bei dieser Art der Untersuchung nicht hinreichend für eine diagnostische Aussage. Zu erwähnen ist hier vor allem die Angabe des Zeitpunktes, zu dem das Maximum der Dosisaufnahme erreicht ist. Der Durchschnittswert liegt zwar bei Hyperthyreosen, dekompensierten autonomen Adenomen und Kalten Knoten um ca. drei Minuten später als bei Warmen Knoten und normalem Schilddrüsengewebe, jedoch liegen die Streuwerte fast in allen Fällen innerhalb der gleichen weitgespannten Grenzen.
Auffallend ist lediglich, daß bei Hyperthyreosen und dekompensierten autonomen Adenomen der Zeitpunkt der maximalen Aufnahme nie früher als bei der 12. Minute liegt.

Ebenfalls wenig Aussagekraft haben die Werte über die Höhe der aufgenommenen Dosis nach 30 Minuten, gemessen in Prozent des Maximums. Hier liegt einzig der Wert für

Kalte Knoten unter 90%. Warme Knoten, dekompensierte autonome Adenome und Hyperthyreosen erreichen in einigen Fällen das Maximum der Aufnahme erst nach 30 Minuten. Die Streuwerte sind jedoch so stark, daß zwischen den letztgenannten in dieser Hinsicht keine charakteristische Unterscheidung mehr getroffen werden kann.

Wertvollere Hinweise erbrachten die folgenden Parameter:

1.) % der verabreichten Dosis nach einer Minute

Eine Minute nach Gabe des Technetiums waren von hyperthyreoten Schilddrüsen durchschnittlich 0,7% der verabreichten Dosis aufgenommen worden, von dekompensierten autonomen Adenomen 0,69%, von Warmen Knoten dagegen nur 0,43%. Geringfügig niedriger war die Speicherung durch normales Schilddrüsengewebe mit 0,4% Technetiumaufnahme, während Kalte Knoten nach einer Minute eine Aufnahme von nur ca. 0,22% zeigten.

2.) % der verabreichten Dosis nach zehn Minuten

Nach zehnminütiger Aufnahmezeit lag für Hyperthyreosen ein Wert um 1,85%, für dekompensierte autonome Adenome um 1,54% und für Warme Knoten um 0,9% vor. Normales Schilddrüsengewebe hatte nach zehn Minuten 0,93% der verabreichten Dosis aufgenommen, während Kalte Knoten einen Durchschnittswert von 0,44% aufwiesen.

3.) Steigung 2.-5. Minute

Deutliche Unterscheidungen sind hinsichtlich der Steigung der Aufnahmekurven von der 2.-5. Minute zu treffen.
Dekompensierte autonome Adenome haben eine Steigung

von 1863 Impulsen/min^2, Hyperthyreosen von etwa 1351, Warme Knoten wenig unter 1200. Deutlich unter den Normzahlen von 650 Impulsen/min^2 liegt die Steigung der Kalten Knoten mit 470 Impulsen/min^2.

4.) % der verabreichten Dosis im Maximum

Für normales Schilddrüsengewebe wurde im höchsten Punkt der Kurve eine Aufnahme von durchschnittlich 1,05% der verabreichten Dosis errechnet, Hyperthyreosen kommen auf ca. 2,22%, dekompensierte autonome Adenome auf 1,6%. Die Maximalaufnahme durch Warme Knoten liegt bei 1,07%, deutlich darunter diejenige der Kalten Knoten mit 0,52%.

5.) Quotient 10/2 min

Die Zahlen für dekompensierte autonome Adenome und Warme Knoten von 2,22 bis 2,32 lassen untereinander keine Differenzierung zu.
Normale Schilddrüsen liefern ein etwas höheres Ergebnis von 2,45. Für Hyperthyreosen ergibt sich ein klar höherer Wert von 2,7; Kalte Knoten liegen mit 2,14 dagegen eindeutig niedriger.

Die bisher genannten Werte finden sich zusammengefaßt in Tabelle I, Seite 19 wieder.

Für Hyperthyreosen und dekompensierte autonome Adenome tritt in den Punkten 1 bis 4 ein klarer Abstand zutage. Ihre Werte liegen dabei deutlich über denen der anderen Fälle. In Punkt 5 liegen nur die Hyperthyreosen höher, während dekompensierte autonome Adenome hier nicht von Warmen Knoten und normalen Schilddrüsen unterschieden werden können.

Im weiteren läßt Punkt 1 keine Unterscheidung zwischen Hyperthyreosen und dekompensierten autonomen Adenomen zu, indes liegen bei den Punkten 2 und 4 die Zahlen für Hyperthyreosen klar über denen der dekompensierten autonomen Adenome. Umgekehrt rangieren die Werte der dekompensierten autonomen Adenome in Punkt 3 vor den Hyperthyreosen.
Warme Knoten und normales Schilddrüsengewebe sind nur bezüglich Punkt 3 voneinander zu trennen. In den übrigen Punkten ist keine Differenzierung zwischen den beiden letztgenannten möglich, jedoch ist der Unterschied zu den übrigen Erkrankungsformen der Schilddrüse deutlich. Kalte Knoten zeigen in allen fünf Punkten die weitaus niedrigsten Werte.

Vergleicht man nun in den vorliegenden Fällen die aufgenommenen Prozent der verabreichten Dosis im Maximum in den verschiedenen Knoten mit den Aufnahmewerten der gesamten Schilddrüse (Totale), so ergibt sich folgende Tabelle (Totalwerte siehe Tabelle II, Seite 20!):

Tabelle III

Prozentueller Anteil des Knotens an der Aktivitätsaufnahme der gesamten Schilddrüse:

	nach 1 min	nach 10 min	im Maximum
Dek.aut.Ad.	77,5%	78,2%	78,3%
Warme Knoten	47,8%	53,7%	48,6%
Kalte Knoten	25%	23,7%	24,4%

Dekompensierte autonome Adenome konzentrieren also mehr als drei Viertel der von der gesamten Schilddrüse aufgenommenen Aktivität in sich, Warme Knoten etwa die Hälfte, Kalte Knoten lediglich ein Viertel.

Nach allem oben Gesagten zeigt sich, daß die Funktionsszintigraphie der Schilddrüse durchaus eine diagnostische Unterscheidung sämtlicher Schilddrüsenerkrankungen ermöglicht und somit der Szintigraphie mit dem Scanner ebenbürtig ist. Daß sie dabei noch Aufschluß gibt über die zeitlichen Abläufe der Schilddrüsenfunktion, darf als weiteres Argument für den Einsatz der Gammakamera bei der Routineuntersuchung angesehen werden.
Zudem bewirkt das bei der Funktionsszintigraphie verwendete Technetium eine relativ geringe Strahlenbelastung der Schilddrüse, und nicht zuletzt spielt auch noch der geringe zeitliche Aufwand dieser Methode eine Rolle, da einschließlich Anamese, Palpation und Auswertung nicht mehr als höchstens zwei Stunden in Anspruch genommen werden.
Ein qualitativer Vergleich mit dem Radiojod-Zweiphasentest ist an dieser Stelle nicht möglich, der wesentlich geringere Zeitaufwand der Funktionsszintigraphie ist jedoch nicht zu übersehen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Anhand von 48 Patienten mit verschiedenen Schilddrüsenerkrankungen wurde die klinische Bedeutung der Schilddrüsenfunktionsszintigraphie mit Technetium-99m-Pertechnetat untersucht. Jedem Patienten wurde 1mCi Technetium-Pertechnetat i.v. verabreicht, und sofort mit der Gammakamera im Abstand von je einer Minute 30 Aufnahmen der Schilddrüse gemacht.
Im Anschluß daran wurden Regions of interest gesetzt, von denen der mit der Kamera gekoppelte Rechner Funktionskurven ausdruckte und dazu verschiedene Parameter berechnete.
Die Auswertung umfaßte folgende Parameter:

1. Prozentuale Aktivitätsaufnahme der Gesamtschilddrüse und einzelner Abschnitte nach 1 Minute, 10 Minuten und im Maximum;
2. Zeitpunkt des Maximums;
3. Quotient 10/2 min;
4. Steigung der Kurve 2.-5. Minute;
5. Aktivitätsaufnahme in mCi 1.-10. Minute.

Die Aktivitätsaufnahme war am höchsten bei Hyperthyreosen mit 2,22 $\pm$ 0,4% im Maximum, am nächsthöchsten bei dekompensierten autonomen Adenomen mit 1,6 $\pm$ 0,4%, während sie bei Normalen, diffusen und Knotenstrumen mit Warmen Knoten 1,05 - 1,07 ($\pm$ 0,8) und bei Kalten Knoten 0,52 $\pm$ 0,4% betrug. Der Zeitpunkt des Maximums streute bei allen Krankheitsbildern über die gesamte Untersuchungszeit hinweg. Die Steigung der Funktionskurve war am niedrigsten bei Kalten Knoten, am höchsten bei dekompensierten autonomen Adenomen.

Die gewonnenen Parameter erlauben Aufschlüsse über das kinetische Verhalten einzelner Schilddrüsenabschnitte. Da sie sich bei den untersuchten Krankheitsbildern jedoch meist nicht signifikant unterscheiden, erscheint der Wert der Schilddrüsenfunktionsszintigraphie für die klinische Routine begrenzt.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1) Andros,G.;Harper,P.V.;Lathrop,K.A.and McCardie,R.J.:
Pertechnetate 99m Localization in Man with Applications to Thyroid Scanning and the Study of Thyroid Physiology.
J clin endocrinol, 25: 1067-1076 (1965)

2) Anger,H.O.:
A multiple Scintillation Counter in Vivo Scanner.
Amer J Roentgenol 70: 605 (1953)

3) Ashkar,F.S.,Smith,E.M.:
The Dynamic Thyroid Study. A Rapid Evaluation of Thyroid Function an Anatomy Using 99MTC as Pertechnetate.
JAMA 217, 4: 461-464 (1971)

4) Atkins,H.L.and Richards,P.:
Assessment of Thyroid Function and Anatomy with Technetium-99m as Pertechnetate.
J nucl med, 9: 7-15 (1968)

5) Atkins,H.L.:
Technetium-99m Pertechnetate Uptake and Scanning in the Evaluation of Thyroid Function.
Semin nucl med 1, 345-355 (1971)

6) Atkins,H.L.,Klopper,S.F.,Lambrecht,R.M.,Wolf,A.P.:
A Comparison of Technetium-99m and Iodine-123 for Thyroid Imaging.
Am J Roentgenol 117: 195-201 (1973)

7) Baumann,E.J.;Searle,N.Z.;Yalow,A.A.;Siegel,E. and Seidlin,S.M.:
Behaviour of the Thyroid Towards Elements of the Seventh Periodic Group.
Amer J Physiol 71: 185 (1956)

8) Blum,M.;Goldmann,A.B.:
Improved Diagnosis of "Nondelineated" Thyroid Nodules by Oblique Scintillation Scanning and Echography.
J nucl med 16: 713-715 (1975)

9) Cassen,B.;Curtis,L.:
The In Vivo Delineation of Thyroid Glands with an Automatically Scanning Recorder.
U.C.L.A. Rep., 130 (1951)

10) Cauwe,F.;Zreik,H.;Beckers,C.:
Computerized Method for 99MTC Thyroid Uptake Studies with the Gamma Camera.
Int J nucl med biol 3, 1: 48-50 (1976)

11) Cheguillaume,J.;Malinowski,A.;Minier,J.:
Intérêt de l'emploi du technétium 99m dans l'exploration de la thyroide et du cerveau.
J radiol electrol, 49: 49-54 (1968)

12) Harper,P.V.;Lathrop,K.A.;Mc Cardle,R.J.and Andros,G.:
The Use of Technetium 99m as a Clinical Scanning Agent of Thyroid, Liver and Brain.
Medical Radioisotope Scanning II, p 33, IAEA, Vienna 1964

13) Heck,L.L.;Gottschalk,A.:
A rapid and Reproducible Method for ^{99m}Tc Thyroid Uptake.
J nucl med, 11: 325 (1970)

14) Henning,K.;Woller,P. und Wagner,G.:
Bisherige Erfahrungen mit Technetium^{99m} zur funktionellen und morphologischen Schilddrüsendiagnostik.
Dtsch.Ges. Wes., 21: 2080-2085 (1966)

15) Hurley,P.J.;Maisey,M.N.;Natarajan,T.K. and Wagner, H.N.Jr.:
A Computerized System for Rapid Evaluation of Thyroid Function.
J clin endocr, 34: 354 (1972)

16) Keyes,J.W.Jr.;Thrall,J.H.;Carey,J.E.:
Technical Considerations in In Vivo Thyroid Studies.
Semin nucl med 8, 1: 53-57 (1978)

17) Kuba,J.;Wiedermann,M. and Komenda,S.:
Zur Problematik der ^{99m}Tc-Pertechnetatspeicherung in der Schilddrüse.
Nucl med, 6: 53-63 (1967)

18) Maisey,M.N.;Natarajan,T.K.;Hurley,P.J.;Wagner,H.N.Jr.:
Validation of a Rapid Computerized Method of Measuring ^{99m}Tc Pertechnetate Uptake for Routine Assessment of Thyroid Structure and Function.
J clin endocrinol metab 36, 2: 317-322 (1973)

19) Pfannenstiel,P.:
Kritische Bewertung der Schilddrüsenszintigraphie.
Med Klin 72, 1: 1-7 (1977)

20) Quinn,J.L.III., and Brand,W.N.:
Pertechnetate Tc^{99m} Thyroid Scane Obtained Incidental to Brain Scans.
J nucl med, 8: 481-486 (1967)

21) Sokole,E.B.;Van der Schoot,J.B.;Alberts,C.:
99m Tc-Pertechnetate Uptake in the Thyroid Measured by a Scintillation Camera: A Parameter of Thyroid Function.
Radiol clin (Basel) 44, 1: 35-44 (1975)

22) Strauss,H.W.;Hurley,P.J. and Wagner,H.N.Jr.:
Advantages of ^{99m}Tc-Pertechnetate for Thyroid Scanning in Patients with Decreased Radiojodine Uptake.
Radiology 97: 307 (1970)

23) Umek,H. und Czembirek,H.:
^{99m}Tc in der Schilddrüsenszintigraphie.
Nucl med, 7: 231-239 (1968)

24) Wilson,M.A.;Hurley,P.J.;White,B.M.;John,M.B.:
Thyroidal Pertechnetate Uptake.
Australian and New Zealand Journal of Medecine, 5: 175 (1975)

Lebenslauf :

Am 4. November 1952 wurde ich, Genoveva Maria Kollmeder, als Tochter des Polizeibeamten Anton Kollmeder und dessen Ehefrau Therese, geb. Steiger, in Landshut geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Wörth/Isar und Landshut und des Gymnasiums in Landshut bestand ich 1973 das Abitur.

Im Wintersemester 1973/74 studierte ich an der Universität München die Fächer Chemie und Physik für das Lehramt.

Zum Sommersemester 1974 immatrikulierte ich mich an der Universität Tübingen für das Fach Zahnmedizin und legte dort am 20. Juni 1979 das Staatsexamen ab.

Seit 1. Oktober 1979 arbeite ich als Assistentin in einer zahnärztlichen Praxis in Stuttgart.